

# Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços

Luis Ricardo Galvani<sup>a\*</sup>, Luiz César R. Carpinetti<sup>b</sup>

<sup>a\*</sup>ricardo.galvani@faurecia.com, USP, Brasil

<sup>b</sup>carpinet@sc.usp.br, USP, Brasil

## Resumo

O programa Seis Sigma nasceu e evoluiu em ambiente de manufatura, mas também pode ser utilizado em processos de serviços. Porém sua utilização nesse ambiente tem sido feita de forma mais modesta, com menor participação de empresas e, conseqüentemente, menor número de casos e relatos divulgados. Este trabalho buscou comparar e analisar a aplicação do programa Seis Sigma em manufatura e serviços, por meio de revisão da literatura, análise de projetos vivenciados pelo autor e pesquisa de campo em empresas praticantes do programa. Apesar da limitação da amostra, os resultados mostram fortes indícios de diferenças significativas cuja melhor compreensão pode ajudar a obter melhores resultados em aplicações em serviços.

## Palavras-chave

Programa Seis Sigma. Seis Sigma em manufatura. Seis Sigma em serviços. Controle estatístico da qualidade. Controle estatístico do processo.

## 1. Introdução

A implantação de programas de qualidade pode ser um diferencial e uma vantagem competitiva na busca pela participação no mercado. As organizações almejam maneiras de se tornarem mais competitivas e buscam programas, métodos e ferramentas capazes de alavancar a melhoria da qualidade em seus processos e produtos. O programa Seis Sigma se originou na Motorola, em um ambiente de muita competitividade e ao longo dos seus 20 anos tem mostrado que é possível alcançar dramáticas melhorias em custo, qualidade e tempo, sendo estudado no meio acadêmico e difundido por empresas renomadas ao redor do mundo.

Para Antony (2002), qualquer ramo de atividade ou tamanho de empresa pode utilizar o programa Seis Sigma para reduzir custos, melhorar processos e assim aumentar a participação no mercado. É um processo que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da eficiência dos processos, melhorando a qualidade e eliminando defeitos e erros. Estudos realizados em empresas de manufatura instaladas no Brasil trazem evidências de que o programa é largamente adotado por empresas de grande

porte (FERNANDES; TURRIONI, 2007; ANDRIETTA; MIGUEL, 2007; PINTO; CARVALHO, 2006; CALIA; GUERRINI, 2005).

Antony (2006) complementa que o Seis Sigma tem sido implementado em muitas empresas de manufatura com sucesso, entretanto sua aplicação no setor de serviços ainda é limitada. Ele atribui isso ao fato de que muitas empresas ainda têm a impressão de que o Seis Sigma é somente para indústrias manufatureiras. Entretanto, a adoção do programa Seis Sigma em empresas de grande porte, tais como J. P. Morgan, Lloyds TSB, City Bank, American Express, Zurich Financial Services, demonstra a aplicabilidade do programa em serviços. Santos e Martins (2010) apresentam um estudo em empresas de manufatura e serviços no Brasil que reforça a relevância do Seis Sigma também em serviços.

Diante da diversidade de processos de negócios nos quais o programa Seis Sigma pode ser aplicado e dos benefícios que pode trazer para as empresas, este artigo apresenta um estudo cujo objetivo é analisar e comparar a aplicação do programa Seis

Sigma em manufatura e serviços. A análise focou as seguintes questões:

- Existem diferenças significativas na aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços?
- Se existem, que benefícios podemos extrair dessas diferenças?
- E, ainda, como podemos explorar essas diferenças em benefício da utilização dos conceitos e técnicas em serviços?

O método utilizado iniciou com o levantamento bibliográfico, focando nos assuntos de interesse da pesquisa, seguido de uma análise exploratória de projetos Seis Sigma vivenciados pelo primeiro autor do artigo. Essas atividades foram complementadas com uma pesquisa exploratória de múltiplos casos, em empresas dos setores de manufatura e serviços. As variáveis utilizadas para a análise comparativa foram: perfil do *black-belt* e equipe; característica crítica para qualidade (CTQ, do inglês *critical to quality*); natureza e disponibilidade dos dados; técnicas e ferramentas de maior utilização; e tempo de execução. Conclui-se o artigo com uma discussão sobre os fatos mais relevantes encontrados.

## 2. O programa Seis Sigma em serviços

A qualidade em serviços tem ganhado importância para empresas que desejam diferenciar seus serviços em um ambiente de alta competitividade. O objetivo do programa Seis Sigma é melhorar a qualidade e prevenir defeitos que causam a insatisfação do cliente. Um defeito pode ser descrito como um desvio ou erro de processo que leva à diminuição da satisfação do cliente. Kotler (1997) afirma que “clientes são escassos, e sem eles a empresa deixará de existir”, e que “o cliente deve ser o foco principal de uma organização de serviços, sendo ele que define qualidade”.

Muitas empresas de serviços ainda têm a impressão de que o Seis Sigma é somente para indústrias de manufatura. A melhor maneira de convencer tais indústrias a implementar um programa Seis Sigma está na apresentação dos três princípios estatísticos que norteiam o programa, defendidos por Hoerl e Snee (2002), e que se aplicam totalmente ao setor de serviços:

- Todo o trabalho acontece em um sistema de processos interconectados;
- Todo processo está sujeito à variabilidade; e
- Todo processo cria os dados que explicam a variabilidade e é nossa responsabilidade entender a origem da variabilidade e desenvolver estratégias efetivas para reduzi-la ou eliminá-la.

Para Harry e Schroeder (2000), a aplicação do programa Seis Sigma em serviços é mais simples que em processos de manufatura. O equívoco ocorre porque serviços não são acostumados a enxergar seu trabalho como uma série de processos que possuem entradas e saídas. Admitindo o conceito de processos interconectados, o produto final, ou seja, a saída desse processo, pode ser algo não físico, como uma informação, um pedido, um atendimento etc.

Kumi e Morrow (2006) relatam as várias definições e interpretações dadas para o programa Seis Sigma para serviços, tais como uma métrica de comparação, um *benchmark* de comparação, uma filosofia, um método sistemático, uma meta entre outras, e salientam que mais importante que a definição é o uso e benefício que a organização tem com a aplicação do programa. Goodman e Theuerkauf (2005) insistem que diferentes aspectos do programa podem ser usados desde que tragam benefícios para a organização.

O programa Seis Sigma utiliza o método DMAIC para processos de serviços, assim como em manufatura. Antony (2006) detalha o uso do DMAIC especialmente para serviços, sugerindo uma sequência das principais atividades em cada uma de suas etapas, conforme segue:

**D – etapa de Definição:** visa definir o problema de forma sucinta e específica na perspectiva do cliente, buscando por fatos e dados. Identificar o gestor do processo principal e a equipe de projeto.

**M – etapa de Medição:** visa determinar o desempenho atual do processo de serviços e decidir o que medir (CTQ) e como medir.

**A – etapa de Análise:** visa entender as variáveis dos processos principais que podem levar aos defeitos, a natureza dos dados e a existência de padrões de variação para convergir para a causa raiz.

**I – etapa de Melhoria (*Improve*):** visa desenvolver soluções potenciais para eliminar ou então controlar a causa raiz do defeito, prevenindo a reocorrência. Avaliar o impacto de cada solução potencial pelo custo e benefício.

**C – etapa de Controle:** visa confirmar que as ações corretivas e preventivas adotadas garantem a sustentabilidade dos resultados obtidos na fase de melhoria. Objetiva também desenvolver novos padrões para assegurar ganhos de longo prazo e padronizar as ações de melhoria, atualizando a documentação existente e identificando o dono do processo para estabelecer as novas regras de controle.

De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2001), os projetos Seis Sigma devem iniciar com a determinação das características críticas para a qualidade (CTQ), a partir dos requisitos do cliente e expectativas da organização, para avaliar o real

desempenho, especialmente em termos de tempo de entrega, confiabilidade e satisfação de cliente. Chakrabarty e Chuan (2009) reforçam a importância do uso das CTQs e complementam (por meio de uma pesquisa feita em empresas de serviços de Singapura – 250 empresas pesquisadas da lista das mil melhores empresas em termos de resultados financeiros –, com 50 respondentes) que as descrições de CTQs encontradas na literatura são na maioria voltadas à manufatura; e aquelas que se referem a serviços limitam-se a hospitais e bancos. Em sua pesquisa, eles encontraram como CTQs de serviços os seguintes pontos:

- Tempo de espera do cliente;  
Tempo para realização de um serviço;
- Custo de um serviço;
- Tempo para responder uma reclamação do cliente; e
- Acurácia e precisão ao responder um questionamento do cliente.

A área de serviços tem uma proximidade maior com o cliente e na medida do possível deve utilizar a CTQ diretamente ligada às métricas que tenham relação direta com o usuário do serviço. Para avaliação dos projetos Seis Sigma em serviços, Antony (2006) sugere o uso de métricas associadas ao tempo de processamento do serviço ou da resposta a uma reclamação do cliente, confiabilidade e nível de defeitos gerados pelos serviços executados (PPM).

De forma geral, a literatura menciona o uso e preferência de técnicas e ferramentas com menor conteúdo estatístico em serviços. Chakrabarty e Chuan (2009) pesquisaram o seu uso aplicadas em projetos Seis Sigma de serviços e constataram que as técnicas e ferramentas de maior conteúdo estatístico são as menos preferidas pelas organizações de serviços. Análise de regressão, delineamento de experimentos, análise de correlação, entre outras, são raramente usadas na aplicação de serviços e em contraste são muito utilizadas por projetos em manufatura.

Mesmo se tratando de ferramentas de menor conteúdo estatístico, o uso sistemático permite uma maior visualização dos processos e uma maior assertividade nas decisões. Gonçalves (2007), apud Antony (2006), coloca que as organizações estão se beneficiando pelo uso de técnicas e ferramentas básicas do programa Seis Sigma, citando o gráfico de Pareto, análise de causa e efeito, mapeamento de processo, carta de controle, entre outros. Isso reforça a afirmação feita por Ishikawa (1986), que dizia que as ferramentas básicas da qualidade seriam suficientes para resolver cerca de 80% dos problemas de processo e de qualidade.

Como em qualquer programa de qualidade, também para o programa Seis Sigmas existem fatores críticos que determinam o sucesso ou fracasso de sua implementação. Antony e Banuelas (2002) sugerem 11 fatores críticos para uma efetiva implementação do programa Seis Sigma, não especificando a aplicação para manufatura ou serviços, podendo assim considerar-se a aplicação para ambos os casos:

- Comprometimento e envolvimento da alta administração;
- Mudança cultural;
- Infraestrutura organizacional;
- Treinamento;
- Habilidade de gerenciamento do projeto;
- Seleção, revisão e controle de projetos;
- Entender o programa Seis Sigma, as ferramentas e técnicas;
- Conexão do Seis Sigma com a estratégia do negócio;
- Conexão do Seis Sigma com o cliente;
- Conexão do Seis Sigma com os recursos humanos; e
- Conexão do Seis Sigma com os fornecedores.

Antony (2006) lista alguns benefícios de se utilizar o programa Seis Sigma em serviços, conforme segue:

- Melhor qualidade na decisão (cultura de decisão baseada em fatos e dados);
- Aumento do conhecimento sobre as necessidades e expectativas do cliente;
- Operações internas mais confiáveis e eficientes, podendo levar a um melhor desempenho da companhia (*market share* e acionistas);
- Aumento e retenção do conhecimento da companhia;
- Redução das operações que não agregam valor por meio da eliminação sistemática e aumento da velocidade dos processos de serviços; e
- Redução da variabilidade dos processos, levando a resultados mais previsíveis e consistentes.

### 3. Análise de projetos em Seis Sigma

A empresa onde os projetos se desenvolveram é uma multinacional de origem americana e no Brasil conta com 11 fábricas, somando aproximadamente dez mil colaboradores. Atua no setor de manufatura como fornecedora de autopeças, líder de eletrônica da mobilidade em sistemas de transporte. A empresa é reconhecida internacionalmente como referência na aplicação de Seis Sigma.

O programa Seis Sigma faz parte da estratégia da empresa, sendo utilizado para reduzir a variação nos processos e auxiliar os gestores das áreas a atingirem as metas definidas em seu plano de negócios. O

programa foi implementado em toda a corporação a partir de uma consultoria americana. A empresa possui um bom histórico de utilização do Seis Sigma, com a formação de nove Master Black Belts (período de 2002-2008), 90 Black Belts e 545 Green Belts. A economia de custos da não qualidade, especialmente redução de refugo e retrabalho, desde o início da aplicação do programa Seis Sigma é estimada em US\$ 54 milhões.

O primeiro autor deste artigo atuou na função Black Belt por um ano e posteriormente como Master Black Belt durante cinco anos. Ele participou dos projetos descritos a seguir como líder ou mentor.

### 3.1. Projeto 1: redução de sucata

Este projeto foi desenvolvido na área de manufatura e tinha como objetivo a redução da sucata na linha de empastamento de placas automotivas. Essa aplicação do programa Seis Sigma é típica de manufatura. O projeto iniciou com a formação da equipe e a definição inicial do escopo do projeto. O objetivo era reduzir em 30% o índice de sucata do setor de empastamento. A partir de uma coleta inicial de dados foram priorizadas três saídas críticas (CTQs): borda soltando, sem papel e falta de pasta. O processo que gerava as falhas foi mapeado e avaliado com o uso de técnicas e ferramentas de análise do sistema de medição (MSA), avaliação de capacidade, normalidade e nível sigma do processo. Com o uso de análise multivariada, a equipe do projeto encontrou a maior família de variação, caracterizando a causa raiz dos problemas analisados.

A análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA) para todas as entradas críticas identificadas no mapa de processo possibilitou ações de prevenção e correção de falhas potenciais que elevaram a repetitividade do processo. A identificação e validação das causas foram feitas por meio de teste de hipóteses e delineamento de experimentos (DOE). A partir da caracterização da causa, com o uso da matriz de impacto, a equipe de projeto iniciou a avaliação e priorização das ações com maior impacto e menor custo de implantação.

As ações corretivas de maior impacto no projeto foram: substituição do fuso da máquina de expansão; colocação de sensor para detecção de falta de pasta; sensor para detecção de quebra de papel; e redução do reservatório de excesso de pasta. Teste de hipótese foi aplicado para testar estatisticamente a ação corretiva para redução da quebra de papel; delineamento de experimento (DOE) foi aplicado para maximizar a regulação da máquina de expansão da grade. A análise de capacidade avaliou a eficácia das ações implementadas. A equipe de projeto padronizou as

ações de melhoria no plano de controle, fixando as variáveis e os novos procedimentos instituídos e acompanhando a eficácia do projeto por três meses.

As técnicas e ferramentas utilizadas neste projeto foram: contrato, SIPOC, gráfico de Pareto, gráfico de tendências, plano de controle, carta de controle X-barra e R, mapa do processo, análise do sistema de medição (R&R), capacidade do processo, normalidade, nível sigma, matriz de impacto, teste de hipóteses, delineamento de experimentos (DOE), análise multivariada, FMEA e planilha de análise financeira. O tempo para execução do projeto foi de cinco meses.

### 3.2. Projeto 2: redução de reclamação do cliente

Este projeto foi desenvolvido na área de manufatura e tinha como objetivo a melhoria de qualidade na fabricação do coletor de admissão. Tratava-se de um desenvolvimento em fase final de lançamento do produto no mercado que apresentou problema em duas CTQs importantes para o cliente e que causaram sua preocupação e insatisfação: força para extração dos insertos com variação abaixo do limite mínimo e dimensão crítica com desvio de posição que dificultava a montagem no motor do veículo. O projeto tinha como meta inicial a redução de 95% dos índices de reclamação do cliente.

Os trabalhos iniciaram com a definição de uma equipe multifuncional que abrangeu, além da empresa, o fornecedor do processo de injeção do coletor de admissão. O mapeamento do processo foi executado com foco nas duas etapas em que os modos de falha aconteciam e a equipe de projeto iniciou um gráfico de tendências para acompanhar o desempenho desses processos, estabelecendo a meta para o projeto. A equipe verificou o sistema de medição e validou as medições feitas no processo. Também foram avaliados a capacidade, a normalidade, o nível sigma e a estabilidade do processo. Partindo dos fatores críticos identificados no mapa do processo, o time expandiu a análise do problema de posição do inserto com o uso da ferramenta de causa e efeito, convergindo para três variáveis críticas no processo de injeção: tempo de recalque, tempo de resfriamento e temperatura do molde. A decisão do time foi avaliar os efeitos principais e interações de cada uma dessas variáveis, com o uso do delineamento de experimentos (DOE). Para o problema de baixa força de extração do inserto, com o uso do teste de hipótese, a equipe conseguiu eliminar vários fatores avaliados como importantes e, por meio de técnica de regressão linear, determinou a correlação entre o

diâmetro do coletor e a força de extração, definindo assim uma dimensão para garantir que a especificação fosse atendida. Finalmente, com o método FMEA foi possível organizar todas as informações obtidas pelo time durante as etapas do projeto e, além das ações de correção, também foi possível determinar e priorizar várias ações de prevenção, reduzindo o risco de ocorrência dos problemas. Com a correção feita no processo, o resultado foi considerado satisfatório, atingindo um elevado nível de capacidade. Outras ações de melhoria foram priorizadas com a matriz de impacto. O resultado final do projeto excedeu a expectativa inicial, atingindo 100% de melhoria, sendo validado e monitorado por três meses com um gráfico de tendência.

As técnicas e ferramentas utilizadas foram: contrato, SIPOC, gráfico de Pareto, mapa do processo, gráfico de tendências, análise do sistema de medição (R&R), capacidade do processo, análise de normalidade, nível sigma, carta de controle X-barra e R, matriz de solução de problemas, teste de hipóteses, matriz de impacto, diagrama de causa e efeito, delineamento de experimentos (DOE), regressão linear, FMEA, plano de controle e planilha financeira. O tempo para execução do projeto foi de nove meses.

### 3.3. Projeto 3: redução do nível de inventário

Este projeto foi desenvolvido no setor de pós-venda da empresa e tinha como objetivo a redução do valor de inventário (físico e monetário). Essa aplicação em serviços teve a meta inicial de 30% de redução do valor de inventário de peças de reposição, sem prejudicar as vendas. A equipe definida teve a participação de pessoas de vários departamentos relacionados à formação do inventário. Na análise inicial do problema, por meio de uma estratificação dos dados do sistema, foi dividido o valor monetário total do inventário em três categorias (A, B e C) e ainda em produtos novos (N). Os dados foram organizados por meio do gráfico de Pareto e o time decidiu focar na curva C, que representava 45% do total do valor do inventário e também nos produtos novos (N), com 21% de representação no inventário. Uma segunda estratificação dos dados da curva C mostrou que 313 de um total de 1.568 itens representavam 70% do valor monetário total de inventário. Com o mapeamento do processo de formação do inventário, que envolvia vários departamentos, foi possível identificar lacunas e práticas não padronizadas entre as áreas que eram importantes para o bom desempenho. A equipe iniciou uma coleta de dados para entender a variação de demanda de alguns dos itens de maior valor monetário e usou uma carta de controle para monitoramento.

Os itens foram divididos em 10 grandes famílias de produto e as análises das causas foram realizadas buscando os eventos e fatos relacionados ao aumento do inventário. Algumas dessas causas também foram analisadas com o diagrama de causa e efeito e todo o processo descrito no mapeamento foi revisto por meio do método de análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA), com objetivo de realizar uma avaliação mais ampla e também preventiva.

Com auxílio da matriz de impacto, a equipe priorizou ações que reduzissem os níveis de estoque dos produtos que estavam com baixa demanda. As ações basicamente se concentraram em criar campanhas de marketing para desovar os itens de baixa demanda, melhorar a comunicação entre os departamentos, criar procedimentos das boas práticas integrados à sistemática oficial de trabalho e, ainda, implementar um sistema à prova de erros no sistema MRP, para evitar a compra com múltiplos de compra maior que a demanda média. A eficácia do projeto foi avaliada por seis meses e o gestor da área aprovou a conclusão do projeto.

As técnicas e ferramentas utilizadas foram: contrato, SIPOC, gráfico de Pareto, gráfico de pizza, gráfico de tendências, mapa do processo, matriz de impacto, estudo adaptado do sistema de medição, carta de controle, diagrama de causa e efeito, FMEA, cartas de controle P-NP, dispositivo a prova de erro (poka yoke), instruções de trabalho e planilha financeira. O tempo para execução do projeto foi de 11 meses.

### 3.4. Projeto 4: processo de nacionalização de componentes

Este projeto foi desenvolvido no departamento de compras (serviços) que, devido ao alto custo de importação, necessitava criar uma nova sistemática para a localização de itens importados, mantendo o mesmo nível de qualidade dos fornecedores atuais. Assim, o objetivo para o projeto Seis Sigma era estabelecer um processo de localização e validação desse fluxo por meio de um caso prático. Com a formação do time de projeto, a primeira atividade foi realizar um *workshop* envolvendo várias áreas (engenharia de produto, manufatura, qualidade e compras) para analisar em conjunto os itens importados de maior impacto financeiro e também a viabilidade técnica de localização. Algumas iniciativas tinham retorno financeiro previamente estimado com cotação de fabricação no mercado brasileiro e assim, alinhado com o objetivo do projeto, foram escolhidas para validar o novo fluxo de nacionalização de componentes. A equipe buscou informações sobre os últimos itens

nacionalizados, para caracterizar e referenciar o estado atual do projeto (*baseline*), mas encontrou grande dificuldade na coleta desses dados, pois não havia padronização nos registros. Foi elaborada uma lista de verificação com itens referentes aos indicadores de desempenho de compras, manufatura e qualidade e buscaram-se nos registros as informações sobre esses processos de desenvolvimento, dados esses usados para avaliar o sistema de medição.

Em conjunto com as áreas que interagem no processo, iniciou-se um mapeamento do estado atual do fluxo de localização de peças importadas. Com a visualização do mapa e com os dados coletados, observou-se que o modelo usado não previa várias etapas importantes para assegurar um processo confiável e ao mesmo tempo ágil de mudança do fornecedor. Os problemas encontrados antes, durante e principalmente depois da validação dos novos fornecedores, tais como falta de informações, falta de padronização das atividades entre os compradores e falta de padronização dos registros também foram considerados para a análise do fluxo existente.

Com a coleta de informações e dados a equipe de projeto iniciou a análise dos pontos falhos ou com baixo desempenho para assim identificar as causas. A equipe também verificou a etapa do processo atual onde ocorria a falha e assim, alinhada a todas as áreas envolvidas, iniciou as mudanças no fluxo. Com base no mapa do processo, padronizou-se por meio de procedimentos todas as entradas consideradas críticas para o sucesso do desenvolvimento, considerando a necessidade de registros, bem como as necessidades específicas do ponto de vista da qualidade (cliente) e da manufatura (processo), que não eram consideradas no fluxo anterior. A participação do principal gerente da empresa foi fundamental para o bom desempenho desse projeto, pois o novo fluxo envolvia vários departamentos e gerências e assim foram necessárias negociações com essas áreas buscando o que era melhor para a empresa e não somente para o departamento de forma isolada. A fase de controle teve o acompanhamento de pessoas das áreas de compras e qualidade. Os resultados obtidos na fase de melhoria evidenciaram um processo de nacionalização mais confiável.

As técnicas e ferramentas utilizadas foram: contrato, gráfico de Pareto, SIPOC, folha de coleta de dados, método comparativo para análise do sistema de medição, mapa do processo, diagrama de causa e efeito, matriz de impacto, cartas de controle P-NP, procedimentos, instruções de trabalho e planilha financeira. O tempo para execução do projeto foi de seis meses.

### 3.5. Análise conjunta dos dados

A análise comparativa dos projetos apresentados inicia descrevendo o perfil do Black Belt, as equipes

de projetos e o tempo de execução dos projetos. Em seguida é feita uma análise mais técnica, iniciando com a conexão do projeto com o cliente (CTQ), o tipo e a natureza de dados em cada projeto, o uso das técnicas e ferramentas e, por fim, o tempo de execução.

#### 3.5.1. O perfil do Black Belt

Nos projetos em manufatura apresentados, a exigência do conhecimento de técnicas e ferramentas estatísticas bem como o conhecimento e experiência em processos de manufatura pelo Black Belt foram relevantes para a evolução dos projetos, influenciando e direcionando as decisões da equipe de projeto. Para os projetos em serviços, as técnicas e ferramentas estatísticas não tiveram tanto destaque, dando lugar à necessidade de criatividade para adaptar as ferramentas e técnicas à realidade dos dados disponíveis. Também ficou caracterizado a necessidade de capacitação relacionada ao trabalho em equipe, liderança, negociação e gestão de mudanças, capacidade de análise rápida e poder de síntese, substituindo a experiência e conhecimento técnico do Black Belt pela necessidade de conhecimento do negócio.

#### 3.5.2. O perfil das equipes de projeto

Em ambos os casos, uma equipe multifuncional foi requerida e da mesma forma foi importante para a evolução, melhoria e sustentação dos projetos. O grau de envolvimento e comprometimento do time de projeto foi similar em ambos os casos, porém notou-se maior facilidade na condução das mudanças nos projetos de manufatura. Talvez isso possa ser explicado pelo fato de as mudanças em manufatura tratarem-se de práticas e melhorias nos processos e operações que geravam as rejeições e os problemas dos projetos. Em serviços, algumas mudanças estavam fora do processo principal, afetando outras áreas e departamentos. Outro fato que pode contribuir para essa diferença é que as equipes de manufatura, em sua maioria, eram formadas por membros operacionais, com nível hierárquico inferior ao do líder do projeto. Em serviços, as equipes de projeto foram compostas por pessoas com bom conhecimento dentro de sua área e nível hierárquico similar ao do líder de projeto. Isso gerava mais questionamento, principalmente quando a ação prejudicava de alguma forma um indicador da área delas.

#### 3.5.3. A conexão com o cliente (CTQ) em manufatura e serviços

Em manufatura, as CTQs foram desdobradas do indicador do projeto para características técnicas de produto, que representam funções no produto e assim são conectados ao cliente externo de forma indireta. Nos casos analisados de serviços, as CTQs

foram definidas como o próprio indicador macro do projeto pelos gestores das áreas. Nesses casos, o cliente externo não teve participação na definição da CTQ, pois foi o gestor da área, ou seja, um cliente interno à empresa, que estava interessado em seus indicadores de desempenho e definiu a CTQ.

#### 3.5.4. *Natureza e disponibilidade dos dados*

Nos processos de manufatura verificou-se uma maior disponibilidade e facilidade para acesso aos dados, pois já faziam parte da rotina de apontamentos ou então eram facilmente introduzidos no apontamento existente. Os dados foram caracterizados por meio da distribuição normal, o que facilitou e não restringiu o uso das diversas técnicas e ferramentas disponíveis no programa Seis Sigma. Também na manufatura, o uso das técnicas e ferramentas estatísticas foi fundamental para entender as causas e equacionar a variabilidade dos processos, tendo uma grande relevância para a análise, evolução e conclusão dos projetos analisados. Em serviços, mesmo com certa carência de dados foi possível identificar as causas sem a necessidade de técnicas e ferramentas mais sofisticadas. Apenas com o uso de ferramentas básicas, que em sua maioria tinham apelo visual, as ações de melhoria foram propostas e adotadas pelos times de projeto, gerando bons resultados.

#### 3.5.5. *O uso das técnicas e ferramentas*

De forma geral ocorreu uma maior utilização de técnicas e ferramentas com maior conteúdo estatístico em manufatura, como análise multivariada, o delineamento de experimentos, capacidade do processo e teste de hipótese. Em serviços, a preferência foi para técnicas e ferramentas mais simples, porém com apelo visual, como o mapa de processo, gráfico de Pareto, gráfico de pizza, matriz de impacto.

#### 3.5.6. *Tempo de execução dos projetos*

O tempo médio de conclusão dos projetos de manufatura foi de 7 meses, enquanto que o tempo médio para os projetos de serviços foi de 8,5 meses. Essa diferença não chega a ser significativa. Entretanto, nos projetos de manufatura, um dos projetos estava em fase de lançamento, o que prolongou o tempo de coleta de dados. Nos projetos de serviços, o tempo maior de execução decorreu da coleta de dados, que dependia da frequência de inventário da fábrica.

### 4. Pesquisa de campo

A partir da revisão bibliográfica complementada pela análise dos projetos Seis Sigma, foi elaborado

um roteiro de entrevista para uma pesquisa de campo em duas empresas: uma atuante no ramo de manufatura e a outra no ramo de serviços. A metodologia utilizada foi o estudo de casos múltiplos, proposto por Yin (2001). A pesquisa foi realizada diretamente com os praticantes do programa Seis Sigma (Master Black Belt) e também por meio da análise dos projetos realizados, como evidência das informações. O roteiro de entrevista foi construído de forma a levantar dados sobre a empresa e o programa Seis Sigma na empresa entrevistada, com ênfase nos seguintes aspectos: perfil do Black Belt e da equipe; característica crítica para qualidade (CTQ); natureza e disponibilidade dos dados; técnicas e ferramentas de maior utilização; e tempo de execução. O estudo foi realizado entre os meses de maio e junho de 2010.

A primeira empresa pesquisada conta com 700 funcionários, distribuídos em três fábricas. É do setor de manufatura, fornecedora de autopeças com produtos para controle de emissões e detém 38% do mercado original de veículos no Brasil (dado referente ao fechamento de 2008). O programa Seis Sigma teve início em meados de 2007 e está na terceira onda de formação de Black Belts e Green Belts.

A segunda empresa pesquisada é do setor de serviços, atua no mercado financeiro e conta com aproximadamente 26 mil funcionários espalhados em mais de 1.500 pontos de atendimento em todo o território nacional. O programa Seis Sigma teve início em meados de 2003, em resposta a um diagnóstico feito pela empresa. O programa foi liderado pelo presidente da empresa, com o apoio de uma consultoria brasileira.

A seguir são apresentadas as principais diferenças identificadas ao longo das duas entrevistas realizadas.

#### 4.1. *O perfil do Black Belt (BB)*

Notou-se uma clara diferença no perfil dos BB em manufatura e serviços. Em manufatura, o perfil requerido era mais técnico, com profundo conhecimento em tecnologia de processo e das técnicas e ferramentas de análise que têm maior conteúdo estatístico. Em serviços, a maior necessidade encontrada foi um perfil preparado para lidar com conflitos entre departamentos e na gestão de mudanças. Assim, aspectos como liderança, comunicação e habilidade para conduzir mudanças são fundamentais, uma vez que os projetos de serviços tendem a interagir mais entre pessoas e áreas que têm interface com o projeto. Outra necessidade específica do Black Belt no setor de serviços é a habilidade avançada para manipular e extrair dados de bases de dados de sistemas computacionais.

#### 4.2. As equipes de projeto

Na maioria dos projetos analisados em manufatura verificou-se formação de equipes multifuncionais, assim como em serviços. Verificou-se uma diferença no nível educacional das pessoas em serviços, que geralmente tinham nível superior e em alguns casos o mesmo nível hierárquico que o Black Belt.

#### 4.3. O uso da CTQ para manufatura e serviços

De forma geral, em manufatura, a CTQ tende a ser desdobrada em características técnicas de produto ou processo e em serviços tende a compor-se dos indicadores do projeto. Nas empresas de manufatura, o cliente normalmente é um dos gestores internos, na empresa de serviços, especificamente, verificou-se uma proximidade e conexão mais acentuada com o cliente final usuário do serviço com o seu processo gerador.

#### 4.4. Disponibilidade e natureza dos dados

Em manufatura, verificou-se maior disponibilidade dos dados bem modelados pela distribuição normal. Nos processos de serviços, em alguns casos houve dificuldade para conseguir os dados e não foi possível modelá-los pela distribuição normal, o que restringiu o uso de algumas técnicas e ferramentas. Vale salientar que isso não limitou os resultados dos projetos que, por meio das técnicas e ferramentas mais simples, conseguiram chegar a resultados satisfatórios.

#### 4.5. As técnicas e ferramentas de maior utilização nos projetos Seis Sigma

Nos projetos de manufatura verificou-se a utilização de técnicas e ferramentas com elevado conteúdo estatístico, como o uso de regressão linear, teste de hipóteses e delineamento de experimentos (DOE). O uso dessas técnicas e ferramentas estatísticas foi fundamental para entender as causas e equacionar a variabilidade dos processos, tendo uma grande relevância para a análise, evolução e conclusão dos projetos. Em serviços as análises foram feitas com uso de técnicas e ferramentas mais simples e de menor conteúdo estatístico, tais como matriz de impacto, mapa do processo, gráfico de Pareto, gráfico de pizza. A ênfase foi no fluxo da informação, ferramentas de priorização e avaliação de lacunas entre atividades dos departamentos envolvidos (análises qualitativas). Mesmo com certa carência de dados e apenas com o uso de ferramentas básicas, que em sua maioria tinham apelo visual, foi possível para cada time de projeto evoluir, identificar as causas, propor e aplicar as ações de melhoria, sem a necessidade de técnicas e ferramentas mais sofisticadas.

#### 4.6. Tempo de execução de um projeto

Não houve diferença significativa no tempo de execução dos projetos em manufatura e serviços. Alguns fatores que aumentam o tempo em manufatura, tais como a necessidade de investimento e o tempo de execução de ferramentas e dispositivos foram verificados. Em serviços, o fator que aumentou o tempo foi a demora ou dificuldade de conseguir os dados e caracterizar a melhora do processo. Também identificou-se que o comprometimento da gestão com o programa Seis Sigma influencia diretamente o tempo dos projetos e pode afetar ambos os processos (manufatura e serviços).

### 5. Resultados práticos

A Tabela 1 completa a análise comparativa apresentada nas seções anteriores sintetizando as similaridades e diferenças de projetos Seis Sigma em manufatura e em serviços. Percebeu-se algumas diferenças importantes, que podem auxiliar na implementação de programas Seis Sigma em serviços. O perfil do Black Belt requerido para serviços não é tão técnico como em manufatura. A necessidade maior encontrada é um perfil de liderança para introduzir as mudanças e lidar com conflitos entre pessoas e departamentos. A habilidade de facilitar a comunicação entre a equipe de projeto e a liderança também é importante nesse tipo de processo. Essas características são conhecidas pelos praticantes do Seis Sigma como *soft skills*. Outra necessidade específica do Black Belt no setor de serviços é a habilidade para manipular e extrair dados a partir de sistemas computacionais.

A maior proximidade do cliente final usuário do serviço é uma característica das empresas de serviços e pode ser vantagem se bem utilizada por meio da definição da CTQ. É importante salientar que deve-se buscar meios de medir a satisfação do cliente e que pontos de insatisfação são oportunidades de colocar projetos de melhoria e que quando isso ocorre pode ser um fator de vantagem competitiva. Como mencionado por Antony e Banuelas (2002), o CTQ é o meio de fazer a conexão do projeto com cliente.

Os processos de serviços em geral têm maior dificuldade na obtenção dos dados, pois as informações requeridas normalmente não têm uma forma padronizada de registro e arquivamento. O uso do programa Seis Sigma pode contribuir para a mudança de cultura, desenvolvendo indicadores e gerando a necessidade de medir o desempenho dos processos. As variáveis de serviços tendem a ser variáveis discretas (erros/defeitos) que não seguem o comportamento da distribuição normal.

Notadamente a aplicação de ferramentas e técnicas de maior conteúdo estatístico foi maior em

Tabela 1. Análise comparativa de projetos seis sigma em manufatura e serviços.

Fator analisado	Similaridades	Diferenças
O perfil do Black Belt	Tem perfil de liderança e é respeitado pela equipe de projeto.	<b>Manufatura</b> Possui um perfil mais técnico, voltado à tecnologia de processo, alto conhecimento em técnicas e ferramentas estatísticas ( <i>hard skills</i> ). <b>Serviços</b> Necessidade de um perfil preparado para lidar com conflitos entre departamentos e na gestão de mudança.
Equipes de projeto	Equipes multifuncionais com bom conhecimento de seu setor ou processo. Representavam as áreas de interface com o processo principal no qual se está executando o projeto. Composto por pessoas que conhecem os detalhes do funcionamento do processo.	<b>Manufatura</b> As equipes de projeto também tinham algum conhecimento prévio das técnicas e ferramentas mais básicas devido a programas anteriores. As equipes apresentavam uma hierarquia funcional para com o Black Belt, que pode facilitar a introdução de mudança.
A conexão com o cliente (CTQ)	Os clientes foram os gestores das áreas. Não tivemos a figura do cliente final que usa o serviço, com exceção de alguns projetos na empresa de serviços B.	<b>Manufatura</b> A CTQs foram desdobradas para características de produto ou processo. <b>Serviços</b> Os clientes foram os gestores das áreas.
Natureza e disponibilidade dos dados	De forma geral, os dados são mais difíceis de serem coletados em serviços, mas encontramos uma exceção, no caso do setor bancário, que possui grande quantidade de dados, tanto quanto em manufatura.	<b>Manufatura</b> Tem abundância de dados. Os dados são contínuos em sua maioria e podem ser caracterizados pela distribuição normal. <b>Serviços</b> Em geral apresentam maior dificuldade na obtenção dos dados. Normalmente são dados discretos, como defeitos ou produtos defeituosos.
Aplicação de técnicas e ferramentas	Várias técnicas e ferramentas podem ser aplicadas em manufatura e serviços.	<b>Manufatura</b> Utilização de técnicas e ferramentas com elevado conteúdo estatístico, tendo uma grande relevância para a análise, evolução e conclusão dos projetos analisados. <b>Serviços</b> Uso de técnicas e ferramentas mais simples e de menor conteúdo estatísticos.
Tempo de execução do projeto	Pode ser afetado por fatores externos que aumentam o tempo de conclusão dos projetos. Necessitam de apoio da liderança para reduzir o tempo de conclusão dos projetos.	<b>Manufatura</b> Alterações em máquinas, equipamentos e ferramentas podem aumentar o tempo do projeto. O projeto pode necessitar de alto investimento para sua conclusão. <b>Serviços</b> A escassez e a demora na aquisição de dados pode elevar o tempo de projeto.

manufatura, sendo fundamentais para evolução dos projetos. Em serviços, a preferência foi para o uso de técnicas e ferramentas mais simples, com apelo visual, como gráfico de Pareto, mapa do processo, diagrama de causa e efeito, matriz de impacto, entre outras. Essa aplicação não exigiu ferramentas e métodos sofisticados e o problema de projeto foi equacionado e resolvido da mesma forma. Essa característica também pode ser uma vantagem para o uso programa em serviços, pois pode ser uma oportunidade para melhorar o currículo, o tempo e o custo do treinamento para Black Belt em serviços, uma vez que as ferramentas mais complexas, de maior conteúdo estatístico, não têm muita utilização e acabam tomando boa parte do tempo de treinamento.

Em serviços constatou-se também a falta de dados referentes aos problemas dos projetos, o que limita o uso de técnicas e ferramentas de análise bem como acentua a necessidade de criatividade para adaptar técnicas e ferramentas de forma a agregar valor aos projetos. Essa constatação é confirmada por Hensley e Dobie (2005), que citam a dificuldade maior para

coletar dados em empresas de serviços e enfatizam que a medição também é mais difícil devido à pressão causada pela maior interação com o cliente. Também percebeu-se uma maior necessidade de negociação para introduzir as mudanças e administrar os conflitos, pois algumas ações de melhoria afetavam outras áreas com objetivos e interesses distintos. O nível hierárquico da equipe de projeto também pode dificultar as mudanças, necessitando maior habilidade do Black Belt e maior apoio dos gestores.

## 6. Conclusão

Apesar das dificuldades citadas, também se verificou algumas vantagens na aplicação do programa Seis Sigma em serviços. Com o uso de técnicas e ferramentas mais simples, sem muito conteúdo estatístico, pode ser possível evidenciar as causas principais e assim melhorar o processo sem a necessidade de aprofundamento estatístico. A gestão visual passa a ter papel importante na

comunicação entre a equipe de projeto e pode alavancar melhorias. Os processos de serviços de forma geral têm sido bem menos explorados que os processos de manufatura e assim tendem a apresentar um nível de desempenho inferior. Um processo que ainda não foi muito explorado em linhas gerais pode apresentar maiores oportunidades e menor complexidade, não necessitando de uma análise mais complexa para alcançar o resultado do projeto. Essa característica de serviços pode ser um fator de maior oportunidade ou maior facilidade para alcançar grandes melhorias.

O Seis Sigma enfatiza a importância de dados e fatos que dão suporte a decisões, ao invés de suposições, forçando as pessoas a medirem os processos.

Finalmente, a partir da pesquisa de campo, pode-se corroborar as afirmações de Antony (2006) sobre os benefícios resultantes da aplicação do programa Seis Sigma para as empresas, incluindo empresas de serviços, especialmente melhoria da qualidade das decisões, maior comprometimento com o cliente, aumento da retenção do conhecimento na companhia e operações mais repetitivas.

## Referências

- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200002>
- ANTONY, J. Some pros and cons of six sigma: an academic perspective. *The TQM Magazine*, v. 16, p. 303-306, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780410541945>
- ANTONY, J. Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, v. 12, p. 234-248, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/14637150610657558>
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, v. 6, p. 20-27, 2002. <http://dx.doi.org/10.1108/13683040210451679>
- CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M. Projeto Seis Sigma para a implementação de *software* de programação. *Revista Produção*, v. 15, n. 3, p. 322-333, 2005.
- CHAKRABARTY, A.; CHUAN, T. K. An exploratory qualitative and quantitative analyses of Six Sigma in service organizations in Singapore. *Management Reserch News*, v. 32, p. 614-632, 2009. <http://dx.doi.org/10.1108/01409170910965224>
- FERNANDES, M. M.; TURRIONI, J. B. Seleção de projetos Seis Sigma: aplicação em uma indústria do setor automobilístico. *Revista Produção*, v. 17, n. 3, p. 579-591, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000300013>
- GONÇALVES, B. S. O. *A importância do processo de alinhamento da estratégia com projetos seis sigma: um estudo multicases em operadores logísticos*. 2007. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- HARRY, M.; SCHROEDER, R. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionising the World's Top Corporations*. New York: Doubleday Currency, 2000.
- HENSLEY, R. L.; DOBIE, K. Assessing readiness for six sigma in a service setting. *Managing Service Quality*, v. 15, n. 1, p. 82-101, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/09604520510575281>
- HOERL, R. W.; SNEE, R. D. *Statistical thinking: improving business performance*. Belmont: Duxbury, Thomas Learning, 2002.
- ISHIKAWA, K. *Guide to Quality Control*. Tokyo: Productivity, Inc., 1986.
- KUMI, S.; MORROW, J. Improving self service the six sigma way at Newcastle University Library. *Program: electronic library and information systems*, v. 40, p. 123-136, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/00330330610669253>
- PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. *The Six Sigma Way*. New York: McGraw-Hill, 2001.
- PINTO, S. H. B.; CARVALHO, M. M. Implementação de programas de qualidade: um *survey* em empresas de grande porte no Brasil. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 2, p. 191-203, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2006000200003>
- SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. *Produção*, v. 20, n. 1, p. 42-53, jan./mar. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000003>
- YIN, R. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## Comparative analyses of Six-Sigma program application in manufacturing and services process

### Abstract

The Six-sigma program has its roots in the manufacturing field, but it can be applied to a service process. However, this application has been done in a modest manner, with the participation of few companies and, as a consequence, few cases, projects, and papers have been exposed. This paper presents a comparative analysis of Six-sigma program application in manufacturing and services process by literature review, comparative analyses of Six-sigma projects experienced by the author, and case studies with companies that apply the program in the manufacturing and services field. Even with sample restriction, the results show key differences that can lead to benefits to services application.

### Keywords

Six Sigma program. Comparative analyses. Six sigma in manufacturing. Six sigma in services. Statistical quality control. Statistical process control.